

Original document

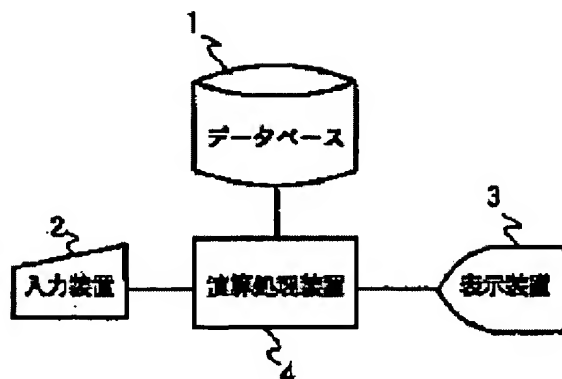
METHOD AND APPARATUS FOR ESTIMATING RADIO WAVE PROPAGATION ROUTE

Patent number: JP10062468
Publication date: 1998-03-06
Inventor: HAYASHI TAKAHISA; TAKANO KOJI
Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO
Classification:
- international: **G01R29/08; G01R29/08**; (IPC1-7): G01R29/08
- european:
Application number: JP19960219546 19960821
Priority number(s): JP19960219546 19960821

Report a data error here

Abstract of JP10062468

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce operation load by developing the data of a total reflecting surface and a radio wave transmitting and receiving point within a constant space to set transmitting and receiving points and setting the reflecting surface capable of being seen through from both points to a radio wave reflecting candidate surface to calculate a radio wave propagation route. **SOLUTION:** An operational processor 4 reads the data of a private branch containing obstacle data from a data base to develop the same on an imaginary space. When the transmitting and receiving points of a radio wave are inputted into the imaginary space, the operational processor 4 searches the surface capable of being seen through the transmitting and receiving points among all of surfaces formed from the respective surfaces of an obstacle or the wall surface of the private branch and determines the searched surface as a temporary reflecting surface and calculates an imaging transmitting point from the temporary reflecting surface to calculate the reflecting point of the temporary reflecting surface to judge whether there is the obstacle between the transmitting and receiving points. When there is no obstacle, the route of



the transmitting point, the reflecting point and the receiving point is determined as an effective propagation passage. If there is a temporary reflecting surface candidate elsewhere, this processing is repeated. By this method, operation quantity and operation load can be reduced.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成10年(1998)3月6日

$$\mathbf{z}$$

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 11 頁)

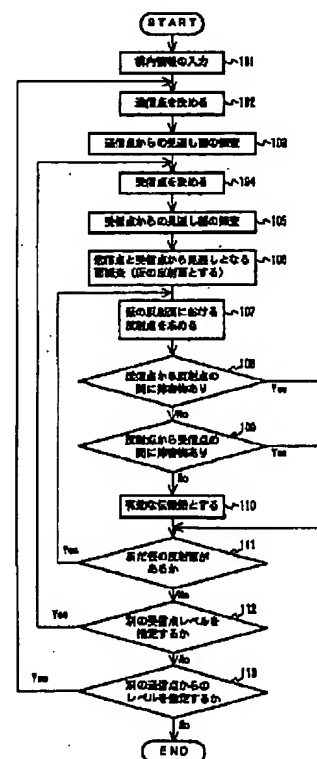
(74) 代理人 弁理士 須山 佐一

(54) 【発明の名称】 電波伝搬経路推定方法および電波伝搬経路推定装置

(57) 【要約】

【課題】 電波の伝搬経路を推定する上で演算量を削減する。

【解決手段】この電波伝搬経路推定方法の場合、障害物が存在する所定空間内の全ての反射面の情報と電波を送受する点の情報とを所定空間内に展開し、所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定し、所定空間内に設定された送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索し、探索された見通しとなる反射面を電波が反射する可能性のある演算対象の面として絞り込み、絞り込んだ反射面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 障害物の存在する所定空間内の全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報とを所定空間内に展開する工程と、

所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定する工程と、

所定空間内に設定された送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索する工程と、

探索された見通しとなる反射面を電波が反射する可能性のある演算対象の面として絞り込む工程と、

絞り込まれた反射面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する工程とを有することを特徴とする電波伝搬経路推定方法。

【請求項2】 障害物の存在する所定空間内の全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報とを所定空間内に展開する工程と、

所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定する工程と、

所定空間内の送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索する工程と、

探索された反射面を反射候補面と定め記憶する工程と、記憶した反射候補面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する工程とを有することを特徴とする電波伝搬経路推定方法。

【請求項3】 障害物の存在する所定空間内の全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報とを格納した情報格納手段と、

前記情報格納手段から反射面の情報と点の情報を読み出し所定空間内に展開する手段と、

所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定する手段と、

所定空間内に設定された送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索する手段と、

探索された見通しとなる反射面を電波が反射する可能性のある演算対象の面として絞り込む手段と、

絞り込まれた反射面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する手段とを具備したことを特徴とする電波伝搬経路推定装置。

【請求項4】 障害物の存在する所定空間内の全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報を格納した情報格納手段と、

この情報格納手段から反射面の情報と点の情報を読み出し所定空間内に展開する手段と、

所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定する手段と、

所定空間内の送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索する手段と、

探索された反射面を反射候補面と定め記憶する手段と、記憶した反射候補面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する手段とを具備したことを特徴とする電波伝

搬経路推定装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば構内無線電話システムなどに利用される所定範囲の空間における電波の伝搬経路を推定する電波伝搬経路推定方法および電波伝搬経路推定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、簡易型携帯電話システム（PHS）などを利用した構内無線電話システムなどの開発が盛んに進められているが、この種のシステム開発において、無線電話の電波がどのように伝搬するか、あるいは無線電話の電波がどこまで届くかをシュミレーションすることは重要である。

【0003】一般に、ある空間内のある発信点から発射された電波や光などは、その点を中心に放射状に直進し、障害物に反射して方向を変え、徐々に減衰してゆくため、従来の方法の場合、まず、電波が伝搬される仮想空間をシュミレーションし、図10に示すように、その仮想空間について電波の伝搬経路を推定し（第1の演算ステップ）、その後、推定した伝搬経路上のレベルを推定する（第2の演算ステップ）という二段構えの方法がとられる。

【0004】第1の演算ステップ、つまり電波の伝搬経路を推定する上では、電波や光などが面に反射する場合の推定法、例えばラウンディング法やレイトレーシングのイメージ法などが利用される。

【0005】例えばレイトレーシングのイメージ法（映像法）は、図11に示すように、電波や光などを送信する送信点61と反射面62と電波や光などの受信点63があった場合に、送信点61から反射面62に対して垂線64を引き、その垂線64の延長線上にイメージ送信点（映像送信点）65を設定し、このイメージ送信点65から受信点63へ直線66を引いたときに直線66が反射面62と交差した点を反射点67として定める方法である。

【0006】このレイトレーシングのイメージ法を利用した場合、上記第1の演算ステップにおいて、図12に示すような手順で演算が実行される。

【0007】すなわち、まず、シュミレーションした空間の情報、つまり障害物情報を含む構内情報を入力し（ステップ501）、電波の送信点（座標情報）および受信点（座標情報）を決め（ステップ502、ステップ503）、さらに障害物や構内の壁面などで形成される仮の反射面を決めると（ステップ504）、仮の反射面に対する映像送信点を求め（ステップ505）、この映像送信点に基づいて仮の反射面における反射点を求める（ステップ506）。

【0008】そして、送信点から反射点までの間に障害物があるか否かを判定する（ステップ507）。

【0009】ここで、障害物が存在しなければ（ステップ507のNo）、次に反射点から受信点の間に障害物があるか否かを判定する（ステップ508）。この判定でも、障害物が存在しなければ（ステップ508のNo）、送信点－反射点－受信点をつなぐ直線を有効な伝搬路と決定する（ステップ509）。

【0010】このように有効な伝搬路を決定すると、他に仮の反射面候補があるか否かをチェックし（ステップ510）、他に候補があれば（ステップ510のYes）、ステップ504に戻り、再び演算処理を実行する。

【0011】一方、他に候補がなければ（ステップ510のNo）、別の受信点レベルを推定するか否かを判定し（ステップ511）、別の受信点レベルを推定する必要がある（ステップ511のYes）、ステップ503に戻り、再び演算処理を実行する。

【0012】また推定の必要がなければ（ステップ511のNo）、別の送信点からのレベルを推定するか否かを判定し（ステップ512）、推定する必要がある（ステップ512のYes）、ステップ502に戻り、再び演算処理を実行する。そして推定する必要がなければ（ステップ512のNo）、ここで初めて処理を終了する。

【0013】つまり、従来の電波伝搬経路推定方法では、構内に存在する全ての面を反射面と仮定して、仮想空間内の一点一点について送信点および受信点を設定しては各反射点を求め、それぞれについて送信点－反射点－受信点をつなぐ経路上に障害物があるか否かを調べるといった膨大な量の演算処理が行われていた。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これでは、仮想空間内に障害物（反射面）が一つ増えただけでも演算量が増大し、演算処理側の負担が大きくなるという問題があった。

【0015】本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、障害物が存在する空間について電波の伝搬経路を推定するにあたり、演算処理側の演算負荷を軽減することのできる電波伝搬経路推定方法および電波伝搬経路推定装置を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、請求項1記載の発明の電波伝搬経路推定方法は、障害物の存在する所定空間内の全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報とを所定空間内に展開する工程と、所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定する工程と、所定空間内に設定された送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索する工程と、探索された見通しとなる反射面を電波が反射する可能性のある演算対象の面として絞り込む工程と、絞り込まれた反射面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する工程とを有することを特徴としている。

【0017】請求項2記載の発明の電波伝搬経路推定方

法は、障害物の存在する所定空間内の全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報とを所定空間内に展開する工程と、所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定する工程と、所定空間内の送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索する工程と、探索された反射面を反射候補面と定め記憶する工程と、記憶した反射候補面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する工程とを有することを特徴としている。

【0018】請求項3記載の発明の電波伝搬経路推定装置は、障害物の存在する所定空間内の全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報とを格納した情報格納手段と、前記情報格納手段から反射面の情報と点の情報を読み出し所定空間内に展開する手段と、所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定する手段と、所定空間内に設定された送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索する手段と、探索された見通しとなる反射面を電波が反射する可能性のある演算対象の面として絞り込む手段と、絞り込まれた反射面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する手段とを具備したことを特徴としている。

【0019】請求項4記載の発明の電波伝搬経路推定装置は、障害物の存在する所定空間内の全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報を格納した情報格納手段と、この情報格納手段から反射面の情報と点の情報を読み出し所定空間内に展開する手段と、所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定する手段と、所定空間内の送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索する手段と、探索された反射面を反射候補面と定め記憶する手段と、記憶した反射候補面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路を演算する手段とを具備したことを特徴としている。

【0020】請求項1および3記載の発明では、障害物が存在する所定空間内の全ての反射面の情報と電波を送受する点の情報とが所定空間内に展開されて、所定空間内に展開された点を送信点および受信点として設定され、所定空間内に設定された送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面が探索され、探索された見通しとなる反射面が電波が反射する可能性のある演算対象の面として絞り込まれた上で、その反射面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路が演算される。

【0021】請求項2および4記載の発明では、上記同様に所定空間内に設定された送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面が探索された後、その見通しとなる反射面が反射候補面と定られて記憶され、記憶された反射候補面を対象に所定空間内の電波の伝搬経路が演算される。

【0022】したがって、従来の方法よりも演算回数を削減でき、演算処理側の演算負荷を軽減することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

【0024】図1は本発明に係る電波伝搬経路推定方法の一つの実施形態を示す図である。同図において、1は障害物の存在する構内などを囲う所定仮想空間上の三次元座標上に全ての反射面の情報と、電波を送受する点の情報（座標情報）とを格納した情報格納手段としてのデータベースである。2は障害物、送信点、受信点などを設定するための入力装置である。この入力装置2は例えばキーボード、マウスなどである。3は表示装置であり、構内に配置された障害物や反射面（壁面など）、電波を送受する点などを表示する。4は演算処理装置であり、入力装置2により指示入力された送信点、受信点などを構内の点の位置に設定すると共に、データベース1から障害物や点の情報を読み出して構内をシミュレーションした仮想空間上にマッピングしたり、反射面の絞り込みを行い電波の伝搬経路を演算する。

【0025】以下、図2～図7を参照してこの電波伝搬経路推定装置の動作を説明する。

【0026】まず、電波伝搬経路推定を行う構内10の情報（座標情報）を入力装置2より入力する。演算処理装置4は、入力された構内10の情報（座標情報）が、図3に示すように、かぎ形状の敷地を有する構内10であった場合、この構内10を囲い込むような仮想空間、この場合、図4に示すように、3次元空間としての直方体状の仮想空間11をシミュレーションする。そして、仮想空間11のそれぞれの隔壁面には、図5に示すように、複数の点21を格子状に設定する。これら各点21は、それぞれ反射点を探索するために使用する調査ベクトルの終点座標として使われる。

【0027】続いて、演算処理装置4は、障害物の情報（形状情報）を含む構内の情報（壁面の情報）をデータベース1から読み出し、シミュレーションした仮想空間11上に展開（入力）する（図2のステップ101）。

【0028】仮想空間11上にデータベース1の情報を展開した状態を図6に示す。この図6には、仮想空間11に構内10の各壁面10a～10fと障害物12、13、14などが配置されている。

【0029】この仮想空間11内において、電波の送信点（電波照射位置）16を決定（入力）すると（ステップ102）、演算処理装置4は、障害物12、13、14の各面や構内の壁面10a～10fなどで形成される全ての面のうち、送信点16から見通しのきく面（以下見通し面と称す）を探索する（ステップ103）。

【0030】この探索方法の一例を説明する。

【0031】例えば図7に示すように、電波照射位置である送信点16から仮想空間11の隔壁面20の複数の格子点21のうちある格子点から順に調査ベクトル（直線）17を引き、送信点16から隔壁面20までで調査ベクトル17と交差する面が存在するか否かを座標上で

検索し、この場合のように調査ベクトル17と複数の面10d、12a、12c、13a、13cが交差する場合、これら複数の面10d、12a、12c、13a、13cのうち、送信点16から一番近い面13cを見通し面（障害面）と決定し、その見通し面13cの情報だけを記憶する。続いて、受信点（座標情報）を入力して決めると（ステップ104）、演算処理装置4は、上記同様に受信点からの見通し面を探索する（ステップ105）。

【0032】そして、演算処理装置4は、送信点と受信点とから共に見通しとなる面を探索し、それを仮の反射面として決定する（ステップ106）。

【0033】演算処理装置4は、この決定した仮の反射面に対してレイトレーシングのイメージ法（映像法）などで映像送信点を求め、この映像送信点に基づいて仮の反射面における反射点を求める（ステップ107）。

【0034】そして、演算処理装置4は、送信点から反射点までの間に障害物があるか否かを判定する（ステップ108）。

【0035】ここで、障害物が存在しなければ（ステップ108のNo）、次に演算処理装置4は、反射点から受信点の間に障害物があるか否かを判定する（ステップ109）。この判定でも、障害物が存在しなければ（ステップ109のNo）、送信点－反射点－受信点をつなぐ直線を有効な伝搬路と決定する（ステップ110）。

【0036】このように有効な伝搬路を決定すると、他に仮の反射面候補があるか否かをチェックし（ステップ111）、他に候補があれば（ステップ111のYes）、ステップ107に戻り、再び演算処理を実行する。

【0037】一方、他に候補がなければ（ステップ111のNo）、別の受信点レベルを推定するか否かを判定し（ステップ112）、別の受信点レベルを推定する必要がなければ、別の送信点からのレベルを推定するか否かを判定し（ステップ113）、推定する必要がなければ、処理を終了する。

【0038】このようにこの電波伝搬経路推定装置によれば、構内10を囲うようにシミュレーションした直方体状の仮想空間11内に送信点16と受信点とを決め、双方から見通しとなる反射面、つまり見通し面を探索し、仮想空間11内の全ての面のうち、実際に反射する可能性がある面だけを絞り込んでから送信点－反射点－受信点をつなぐ経路上に障害物があるか否かを調べて電波の伝搬経路を求めるので、演算量が削減され、演算処理装置の演算負荷を軽減することができる。

【0039】例えば面の数：n、調査格子点数：a、送信点、受信点の双方から見える面の数：Pとすると、反射面の候補は面の数：nである。なお調査格子点数とは、各面に存在する格子点数をそれぞれ求め、全ての面の数を合計したものである。

【0040】従来の方法において、各面について映像

点、反射点を求めるためには、まず、各反射面毎に送信点と受信点との間に障害となる面があるか否かの調査を n 回行う。次に受信点と反射点との間に障害となる面があるか否かについても上記同様に n 回行う。すなわち、1つの反射面の候補に対して $n+n$ 回演算が行われる。従来の方法では、この $n+n$ 回の演算を各面に対して行うため、1つの送信点と受信点との間で面を調べる全回数は、 $n(n+n)=2n^2$ 回となる。

【0041】一方、本発明では、初めに反射面を絞り込むために、ある送信点と各調査格子点とを結ぶ調査ベクトル(線分ベクトル)を考え、この線分ベクトル上に各面について障害となっているか否かを調べる回数は、 $a \times n$ となる。

【0042】次に、受信点と各調査格子点とを結ぶ線分ベクトル上に各面について障害となっているか否かを調べる回数は、 $a \times n$ となる。

【0043】従って、本発明では、反射面を絞り込むために $a \times n + a \times n = 2an$ 回の演算で済む。

【0044】次に、この $2an$ 回の演算により判明する送信点、受信点の双方から見える面を P とすると、それぞれ送信点、受信点に対して面 P 上の反射面を求める。

【0045】送信点と反射点との間の障害面の有無を調べる回数は、 $P \times n$

受信点と反射点との間の障害面の有無を調べる回数は、 $P \times n$

従って、各反射面に障害面があるか否かの検出のために $2Pn$ 回、全体としての演算回数は、 $2Pn + 2Pn = 2n(a+P)$ 回となる。(但し、 $n > a+P$ のとき有効)

以下、図8、図9を参照して従来の方法と本発明との効果を具体的な数値で比較して説明する。図8は従来の方法のフローチャート、図9は本発明のフローチャートである。

【0046】従来の方法の場合、1回反射を前提として、構内に存在する面の数： n を例えば200とした場合、図8に示すように、 $I=0$ 、200(ステップ601)、 $I=I+1$ として(ステップ602)、初めの面から順に映像送信点を求め(ステップ603)、次に反射点を求める(ステップ604)。

【0047】そして、伝搬路上の障害調査を行い(ステップ605)、障害がなければ、その伝搬路を有効な伝搬路とする(ステップ606)。

【0048】また障害があれば、 I を確認し(ステップ607)、まだ200回になっていなければ、ステップ602の処理に戻り、上記演算を繰り返し行う。

【0049】すなわち、従来の方法では、全ての面に対して、反射面を考え、伝搬路上に障害物があるか否かを調べてゆく回数は $2n^2$ 回なので、 $2 \times (200)^2 = 80000$ 回となる。

【0050】一方、本発明の場合、1回反射を前提とし

て、構内に存在する面の数： n を上記同様に200とし、そのうち、送信点および受信点の双方から見える面： P が20存在し、構内を囲む仮想空間を構成する全ての面に存在する格子点の全数： a を100とした場合、図9に示すように、 $I=0$ 、100、 $J=0$ 、200、 $I=I+1$ 、 $J=J+1$ として(ステップ201~204)、交差点を順に検出し(ステップ205)、 J が200回になったら(ステップ206)、送信点に近い面を検出する(ステップ207)。

【0051】次に、 $K=0$ 、200、 $K=K+1$ として(ステップ208,209)、順に交差点を求め(ステップ210)、 K が200回になったら(ステップ211)、受信点に近い面を検出する(ステップ212)。

【0052】そして、 I が100回になるまで、上記処理を繰り返す(ステップ213)。

【0053】その後、 $I=0$ 、20、 $I=I+1$ として(ステップ214,215)、従来と同様に、映像点と反射点の算出を行い、伝搬路上の障害調査を行い(ステップ216)、それを20回繰り返し行う(ステップ217)。

【0054】すなわち、本発明では、見通し面のみを反射候補面と考え、伝搬路上に障害物があるか否かを調べる回数は、 $2n(a+P)$ 回なので、 $2 \times 200 \times (100+20) = 48000$ 回となり、従来よりも32000回演算を削減できる。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、送信点と受信点との双方から見通しとなる反射面を探索し、反射可能性のある反射面だけに演算対象を絞り込んでから、所定空間内の電波の伝搬経路を演算するので、演算量を削減でき、演算処理側の演算負荷を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電波伝搬経路推定装置の一つの実施形態を示す図である。

【図2】この電波伝搬経路推定装置による電波伝搬経路推定方法を示すフローチャートである。

【図3】構内の一例を示す図である。

【図4】構内を囲む仮想空間を示す図である。

【図5】図4の仮想空間の一つの隔壁面に配置された格子点を示す図である。

【図6】図4の仮想空間に障害物を配置した例を示す図である。

【図7】図4の仮想空間内に設定した送信点から調査ベクトルを引いて送信点から最も近い面を検出する様子を示す図である。

【図8】具体的な効果を比較するための従来の方法のフローチャートを示す図である。

【図9】具体的な効果を比較するための本発明のフローチャートを示す図である。

【図10】従来の電波伝搬経路推定方法の概要を示すフ

ローチャートである。

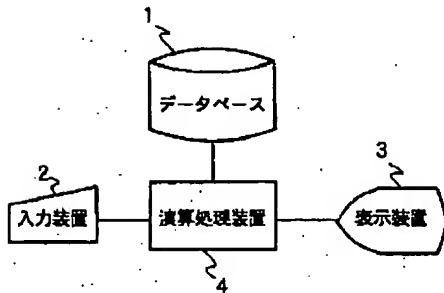
【図11】レイトレーシングのイメージ法を説明するための図である。

【図12】従来の電波伝搬経路推定方法の詳細を示すフローチャートである。

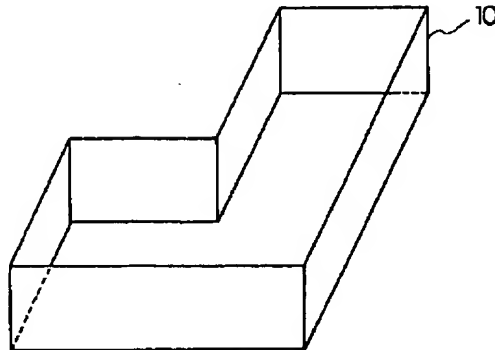
【符号の説明】

1…データベース、2…入力装置、3…表示装置、4…演算処理装置、10…構内、10a～10f…壁面、11…仮想空間、12、13、14…障害物、12a、12c、13a、13c…面、16…送信点、17…調査ベクトル、20…仮想空間の隔壁面、21…格子点。

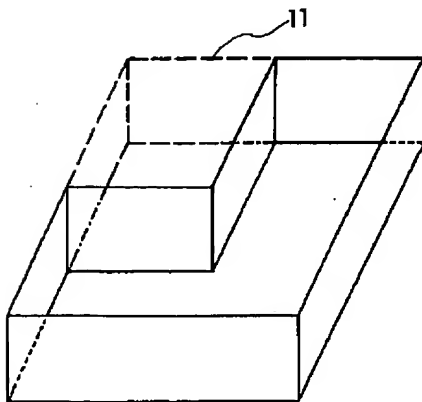
【図1】



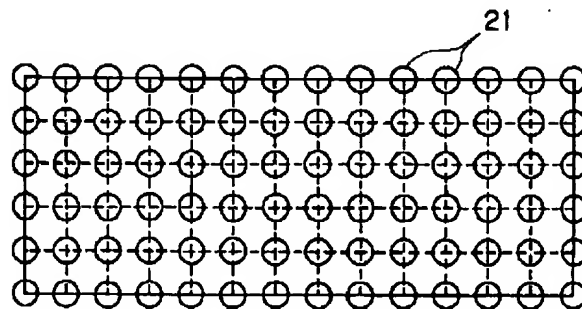
【図3】



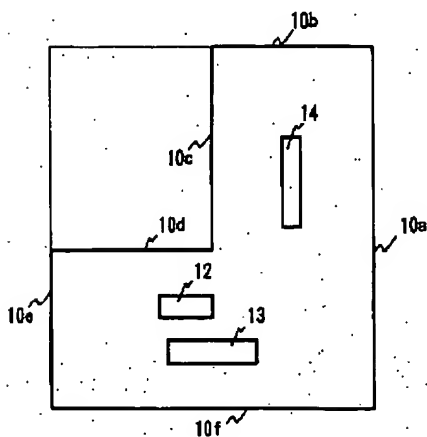
【図4】



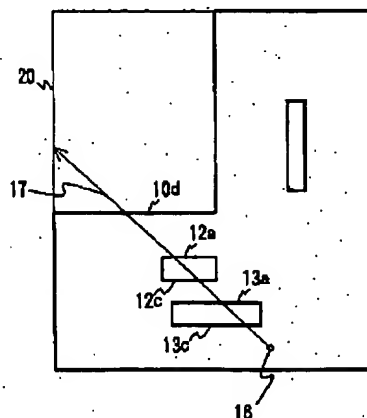
【図5】



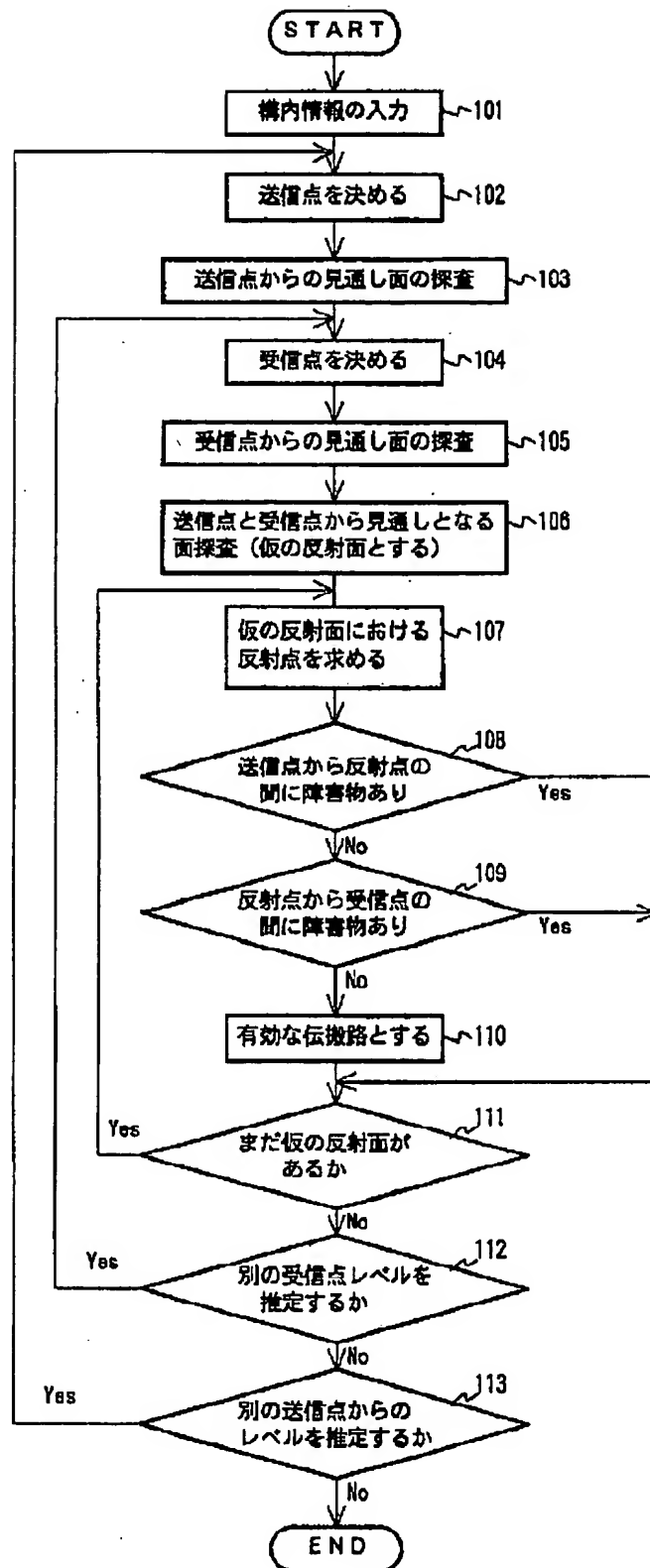
【図6】



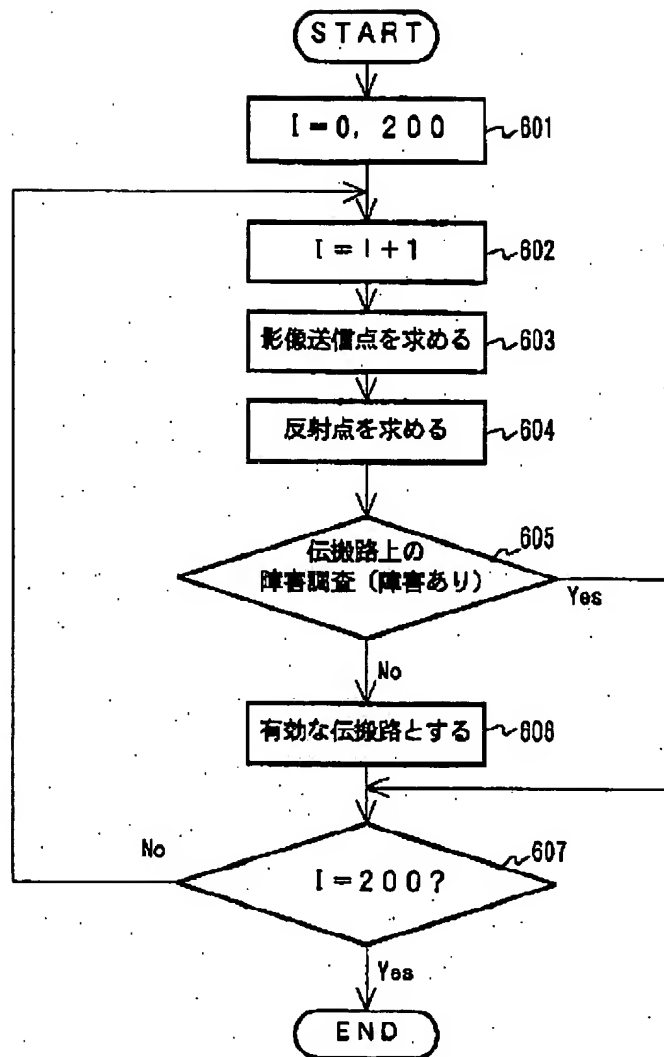
【図7】



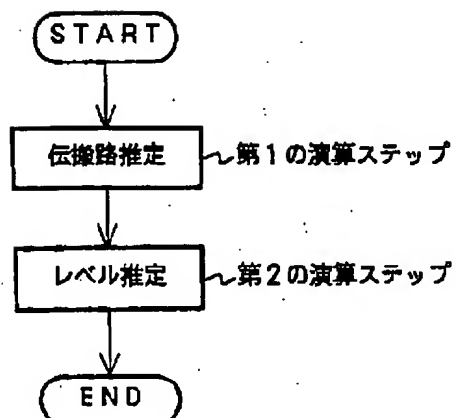
【図2】



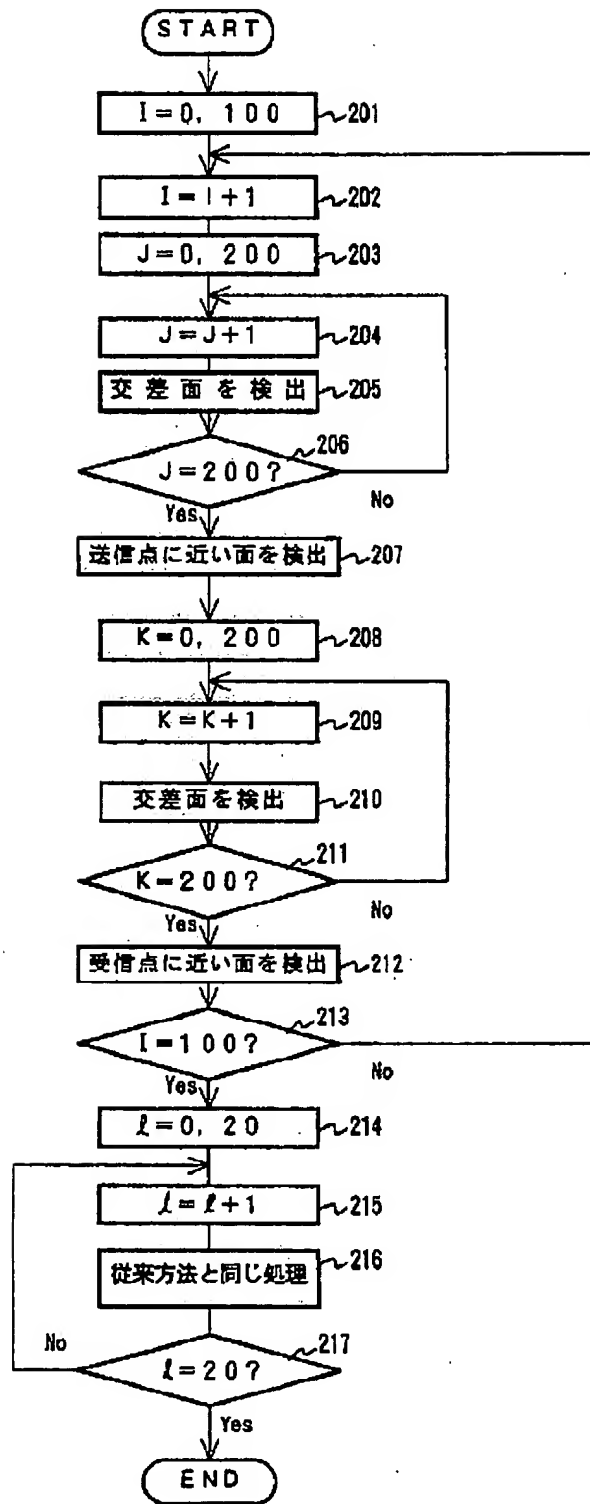
【図8】



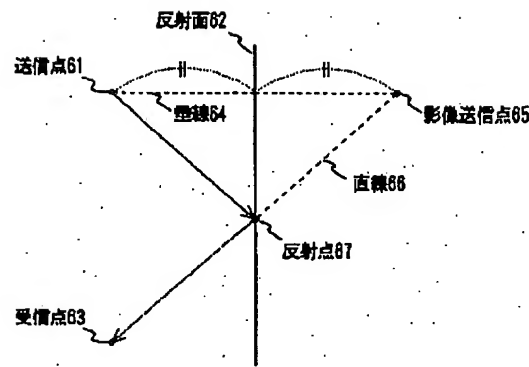
【図10】



【図9】



【図11】



【図12】

